

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
27. Dezember 2001 (27.12.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 01/98645 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **F02D 41/02**,  
41/40

(21) Internationales Aktenzeichen: **PCT/EP01/06796**

(22) Internationales Anmeldedatum:  
15. Juni 2001 (15.06.2001)

(25) Einreichungssprache: **Deutsch**

(26) Veröffentlichungssprache: **Deutsch**

(30) Angaben zur Priorität:  
100 29 504.5 21. Juni 2000 (21.06.2000) **DE**

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): **DAIMLERCHRYSLER AG** [DE/DE]; Epplestrasse  
225, 70567 Stuttgart (DE).

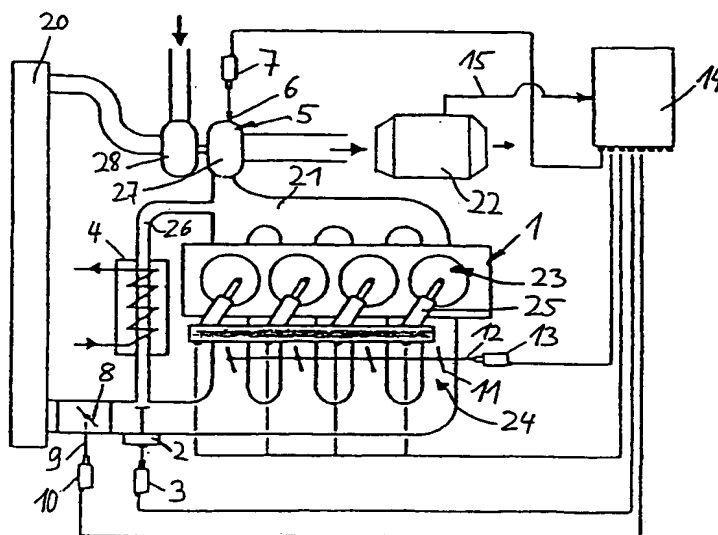
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **ADLER, Holger**  
[DE/DE]; Reinsburgstrasse 178 b, 70197 Stuttgart (DE).  
**ALLMENDINGER, Klaus** [DE/DE]; Fichtenstrasse 1,  
89429 Bachhagel (DE). **BECKER, Dirk** [DE/DE]; Ech-  
erystrasse 10, 76646 Bruchsal (DE). **ERLENMAYER,**  
**Oliver** [DE/DE]; Am Roten Mäuerle 28, 75181 Pforzheim  
(DE). **HASERT, Andreas** [DE/DE]; Kirchgasse 22,  
73630 Remshalden (DE). **HEMBERGER, Hans-Hubert**  
[DE/DE]; Neuffenstrasse 20, 73274 Notzingen (DE).  
**KERCKHOFF, Anton** [DE/DE]; Fuchsenweg 1, 70374  
Stuttgart (DE). **KURZE, Stefan** [DE/DE]; Ostergasse 14,  
71706 Markgröningen (DE). **LENZ, Michael** [DE/DE];  
Grasiger Rain 35, 70734 Fellbach (DE). **LIEBSCHER,**  
**Thomas** [DE/DE]; Barbarossaweg 18, 70736 Fellbach  
(DE). **MERTEN, Ulrich** [DE/DE]; Adolf v. Menzel Weg  
17, 70771 Leinfelden (DE). **ROLL, Andreas** [DE/DE];  
Eichendoffstrasse 83, 73734 Esslingen (DE). **RUZICKA,**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: **METHOD FOR OPERATING A DIESEL ENGINE**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES DIESELMOTORS**



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a diesel engine in which an air ratio ( $\lambda$ ) of the fuel to be combusted and of the supplied combustion air is set by a control unit (14) according to predetermined values. When determining a value (15), which is predetermined as a switch-over criterion, the control unit (14) switches over to a special operational mode for regenerating a catalytic converter (22) and sets the fuel-air ratio according to default values for this operational mode. In order to achieve an effective regeneration of the catalytic converter, the invention provides that at least one after-injection, which is temporally offset from a main injection, of fuel combusting therewith occurs during the special operational mode.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 01/98645 A1



Norbert [DE/DE]; Hohewartstrasse 24/4, 71144 Steinenbronn (DE).

(74) **Anwälte:** DAHMEN, Toni usw.; DaimlerChrysler AG, Intellectual Property Management, FTP - C 106, 70546 Stuttgart (DE).

(81) **Bestimmungsstaat (national):** US.

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Dieselmotors, bei dem ein Luftverhältnis ( $\lambda$ ) des zu verbrennenden Kraftstoffes und der zugeführten Verbrennungsluft von einer Steuereinheit (14) nach vorgegebenen Werten eingestellt wird. Bei Feststellung eines als Umschaltkriterium vorgegebenen Wertes (15) schaltet die Steuereinheit (14) auf eine Sonderbetriebsart zur Regeneration eines Katalysators (22) um und stellt das Kraftstoff/Luft-Verhältnis nach Vorgabewerten für diese Betriebsart ein. Um eine wirkungsvollere Regeneration des Katalysators zu erreichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß in der Sonderbetriebsart mindestens eine zeitlich von einer Haupteinspritzung abgesetzte Nacheinspritzung von mitverbrennendem Kraftstoff erfolgt.

Verfahren zum Betrieb eines Dieselmotors

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Dieselmotors der im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Gattung.

Bei bekannten Verfahren wird ein Luftverhältnis  $\lambda$  des zu verbrennenden Kraftstoffes und der separat zugeführten Verbrennungsluft von einer Steuereinheit nach vorgegebenen Werten für den jeweiligen Betriebszustand des Motors eingestellt. Die hierfür vorgesehenen Stellmittel werden von der Steuereinheit beaufschlagt. Die Steuereinheit bestimmt dabei die Menge des zu verbrennenden Kraftstoffes, die zum Erreichen der gewünschten Betriebslast des Dieselmotors führt. Oft wird dabei ein unterstöchiometrisches Kraftstoff/Luft-Verhältnis eingestellt und der Dieselmotor in sofern mit magerer Gemischbildung betrieben. Als Umschaltkriterium auf eine Sonderbetriebsart wird der Steuereinheit ein Sollwert einer Betriebsmeßgröße des Dieselmotors vorgegeben, bei dem ein bestimmtes Kraftstoff/Luft-Verhältnis nach Vorgabewerten für diese Sonderbetriebsart einzustellen sind. Dies kann beispielsweise dann der Fall sein, wenn eine Einrichtung zur Abgasnachbehandlung vorgesehen ist, wie etwa ein Speicherkatalysator, welcher turnusmäßig zu desorbieren ist. Hierzu wird der Sonderbetriebsart die erforderliche Desorptions-Atmosphäre durch Einstellen des

Kraftstoff/Luft-Verhältnisses geschaffen. Ein solches Verfahren ist beispielsweise aus der DE 197 53 718 C1 bekannt, welches die Auswertung bestimmter Kriterien zur Umschaltung zwischen zwei verschiedenen Brennverfahren nutzt. Bei Feststellung des Umschaltkriteriums wird in die Sonderbetriebsart zur Regeneration eines dem Dieselmotor nachgeschalteten Speicherkatalysators umgeschaltet.

Die Umschaltung in eine Sonderbetriebsart des Dieselmotors bei Vorliegen eines bestimmten Umschaltkriteriums ist auch in der DE 199 39 988 A1 beschrieben, wobei in der Sonderbetriebsart ein Speicherkatalysator hinsichtlich der Stickoxid-Salze regeneriert werden soll. Hierzu wird in dem Regenerationsmodus als Sonderbetriebsart ein reduzierend auf den Katalysator wirkendes Abgas erzeugt.

Aus der DE 197 50 226 C1 ist eine Motorregelsystem bekannt, daß in Abhängigkeit von Kennfeldern den Betrieb eines Dieselmotors regelt. Dabei sind in einem Motorsteuergerät separate Kennfelder für eine Betriebsart mit magerer Verbrennung und eine Betriebsart mit fetter, kraftstoffreicher Verbrennung abgespeichert. Die zeitliche Dauer der Regeneration der Einrichtung zur Abgasnachbehandlung ist bei den bekannten Verfahren sehr lang. Auch ist oft die Umschaltung in die Sonderbetriebsart und zurück für den Fahrer eines von dem Motor angetriebenen Kraftfahrzeugs spürbar, was nicht erwünscht ist.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb eines Dieselmotors der gattungsgemäßen Art zu schaffen, bei dem in der Sonderbetriebsart die Betriebsbedingungen verbessert sind.

-3-

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Erfindungsgemäß ist in der Sonderbetriebsart mindestens eine zeitlich von der Haupteinspritzung abgesetzte Nacheinspritzung von Kraftstoff vorgesehen, wobei der Zeitraum der Nacheinspritzung derartig spät während des Zyklus gelegt wird, daß der dabei eingespritzte Kraftstoff mit dem bereits brennenden Kraftstoff verbrannt wird. Auf diese Weise wird ein Abgas mit hoher Temperatur und Enthalpie gebildet. Damit kann sowohl die Regeneration von Partikelfiltern gefördert werden, bei denen ein überstöchiometrischer Betrieb vorgesehen ist, als auch eine effiziente Schwefelregeneration von NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysatoren im unterstöchiometrischen Betrieb erreicht werden. Das erfindungsgemäße Verfahren schafft sowohl bei überstöchiometrischer Verbrennung, also fetter Gemischbildung, als auch unterstöchiometrischer Verbrennung mit magerem Kraftstoff/Luft-Gemisch reduzierend auf Katalysatoroberflächen wirkende Abgase. Die gesamte zu verbrennende Kraftstoffmenge wird in mehreren Teileinspritzungen eingebracht, wobei die Kraftstoffmenge, die vor der erfindungsgemäß mitbrennenden Nacheinspritzung abgegeben wird, mehreren Haupteinspritzungen oder auch einer beliebigen Anzahl an Voreinspritzungen zugemessen werden kann. Vorteilhaft kann die mitbrennende Nacheinspritzmenge auch in mehreren Nacheinspritzungen zugemessen werden.

Besonders vorteilhaft wird die mitbrennende Kraftstoffmenge der Nacheinspritzung entsprechend dem Betriebszustand des Motors dosiert und so letztlich durch die Einstellung der

Nacheinspritzmenge die Betriebslast des Motors einregelt. Zweckmäßig kann dabei auch der Einspritzzeitpunkt der Nacheinspritzung entsprechend dem Betriebszustand von der Steuereinheit eingestellt werden. Die vor der mitbrennenden Nacheinspritzung erfolgenden Teileinspritzungen stellen bei früher Verbrennungslage eine Formung des Einspritzverlaufes dar, an den die Nacheinspritzung in Menge und Zeitpunkt an den Motorbetrieb anpaßbar ist.

In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung erhöht die Steuereinheit während einer Umschaltphase beim Umschalten in den Sonderbetriebszustand und zurück die Kraftstoffmenge der mitbrennenden Nacheinspritzung bei gleichzeitiger Reduzierung der Haupteinspritzmenge aufeinander folgender Zyklen in entsprechender Menge bis zum Erreichen der vorgesehenen Nacheinspritzmenge. Entsprechend wird beim Rückschalten in den Normalbetriebszustand die Nacheinspritzmenge reduziert bei analoger Erhöhung der Haupteinspritzmenge. So kann ein Übergang von magerer Gemischbildung mit Kraftstoff/Luft-Verhältnissen  $\lambda < 1$  auf fette, kraftstoffreiche Verbrennung mit Luftverhältnissen  $\lambda > 1$  dargestellt werden. Der Übergang von magerer zu fetter Verbrennung während der Umschaltphase kann mit kontinuierlich oder diskontinuierlich veränderten Mengen der Haupteinspritzung und der angepaßten mitbrennenden Nacheinspritzung erfolgen. Als Regelgröße der Änderung der Einspritzmengen wird ein indiziertes Moment des Dieselmotors herangezogen, welches während der Umschaltphase konstant gehalten wird. Auf diese Weise erfolgt die Umschaltung bzw. die Rückschaltung der Betriebszustände völlig ruckfrei und ist für den Führer eines Kraftfahrzeuges nicht spürbar.

-5-

Um in der Sonderbetriebsart die zur Regeneration eines Katalysators erforderliche Abgaszusammensetzung zu schaffen, kann es zweckmäßig sein, dem Abgas Kraftstoff zuzusetzen. Der zugesetzte Kraftstoff wird in der Abgasatmosphäre gecrackt und die dabei entstehenden Kohlenwasserstoffradikale tragen zur Senkung der Abgasemission des Dieselmotors bei. Die Zusetzung von Kraftstoff kann durch eine oder mehrere zusätzliche Nacheinspritzungen vorgenommen werden, welche im Anschluß an die erfindungsgemäß mitbrennenden Nacheinspritzungen erfolgt. Optional kann aber auch eine in Menge und Zeitpunkt unabhängig vom Motorbetrieb dosierbare Kraftstoffeinspritzung in die Abgasleitung des Dieselmotors vorgesehen sein.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann die Effizienz der Regeneration von NO<sub>x</sub>-Adsorbersystemen erhöht werden, welche unter bestimmten Voraussetzungen (Speicherkapazität, aktives Temperaturfenster) die Stickoxide von Brennkraftmaschinen bei magerer Verbrennung (überstöchiometrischer Verbrennung mit  $\lambda > 1$  und demnach Restsauerstoff im Abgas) speichern. Das erfindungsgemäße Verfahren stellt rasch sauerstofffreies Abgas ( $\lambda < 1$ ) mit möglichst hohem Reduktionsmittelgehalt bereit, welches zur Regeneration solcher NO<sub>x</sub>-Adsorbersysteme, also Desorption von NO<sub>x</sub> und gleichzeitiger NO<sub>x</sub>-Umsatz zu Stickoxid N<sub>2</sub> benötigt wird. Mit dem erfindungsgemäß mitbrennenden Kraftstoff der Nacheinspritzung werden ebenso rasch hohe Temperaturen des Abgases erreicht, welche die als Katalysatorgift wirkenden Ablagerungen von Schwefelverbindungen entfernen. Auch sind mit den hohen Temperaturen Partikelfilter rascher regenerierbar. Bekannte Katalysatoren benötigen nach dem Kaltstart eine gewisse Zeit bis zum Erreichen ihrer Start-

temperatur. Durch den Einsatz des erfindungsgemäßen Brennverfahrens kann diese Zeit aufgrund der deutlich höheren Abgastemperatur gegenüber bekannten Verfahren verkürzt werden, wodurch eine erheblich geringere Abgasemmission beim Warmlauf des Dieselmotors erreicht wird.

Bei der Einstellung bzw. Regelung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses kann zweckmäßig auch die Menge an rückgeführten und der Frischluft beigemischtem Abgas berücksichtigt werden, wobei die Steuereinheit als Stellglied der Regelung ein Abgasrückführungsventil ansteuert, das in einer Abgasrückführungsleitung zwischen Abgastrakt und Einlaßtrakt des Dieselmotors angeordnet ist. In einer Weiterbildung der Erfindung regelt die Steuereinheit neben der Einstellung der Einspritzparameter den Druck der zugeführten Frischluft zweckmäßig über Drosselrichtungen im Einlaßbereich und eine Aufladeeinrichtung im Abgasbereich des Dieselmotors. Die Druckregelung kann alternativ über das Abgasrückführungsventil und die Aufladeeinrichtung als Stellglieder erfolgen.

Weiterhin regelt die Steuereinheit vorteilhaft den Massendurchsatz der Frischluft, wobei die Steuereinheit das Abgasrückführungsventil als Stellglied unter Berücksichtigung eines Meßsignals eines Luftmassenmessers einsetzt. Die Regelung des Massendurchsatzes kann auch über Drosselklappen als Stellglieder erfolgen. Die Steuereinheit koordiniert dabei sämtliche Stellglieder und führt die Stellbewegungen in Abhängigkeit der erfaßten Regelabweichungen vom Sollwert im gesamten Betriebsbereich des Dieselmotors kontinuierlich nach. Mit entsprechenden Vorgabewerten auf Kennfeldern wird das erfindungsgemäße Ver-



fahren auch in den stationären Betriebszuständen des Dieselmotors realisiert. Zum Einstellen eines lastneutralen Überganges wird vor dem Auslösen der Einspritzmaßnahmen beim Umschalten der Betriebszustände, also vor der Einspritzmengenänderung des Kraftstoffs der mitbrennenden Nacheinspritzung, der Luftpfad kontinuierlich eingeregelt, nämlich die Regelung des Saugrohrdruckes und des Massenstroms der Frischluft.

Die Erfindung ist nachstehend anhand eines Ausführungsbeispieles näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Dieselmotors,

Fig. 2 ein schematisches Schaubild der Bestimmung von Einstellwerten in der Steuereinheit.

Fig. 1 zeigt einen Dieselmotor 1 mit vier Zylindern 23, denen jeweils ein Injektor 25 zugeordnet ist. Die aus einer gemeinsamen Druckleitung gespeisten Injektoren 25 spritzen nach Maßgabe eines Steuersignals einer Steuereinheit 14 Kraftstoff direkt in die Zylinder 23 ein, welcher mit separat zugeführter Verbrennungsluft verbrannt wird. Die Frischluft wird über eine Ansaugleitung 20 zugeführt, an die mittels Einlaßstutzen 24 die Zylinder 23 angeschlossen sind. Das Abgas aller Zylinder 23 wird über eine Abgasleitung 21 abgeführt und vor dem Ausstoß in die Umwelt durch einen Katalysator 22 geleitet. Die Abgasleitung 21 ist über eine Abgasrückführungsleitung 26 mit der Ansaugluftleitung 20 verbunden. Nach Öffnen eines Abgasrückführungsventils 2 kann so Abgas des Dieselmotors 1 der Frischluft beigemischt werden, wobei das rückgeführte Abgas

vor dem Einströmen in die Ansaugluftleitung 20 durch einen Abgaskühler 4 herabgekühlt wird.

Das Verhältnis  $\lambda$  des in die Zylinder eingespritzten Kraftstoffes zu der Verbrennungsluft wird von der Steuereinheit 14 bestimmt, welche durch entsprechende Ansteuerung der Injektoren 25 die von ihnen abgegebene Kraftstoffmenge pro Arbeitsspiel als auch die den Zylindern 23 zugeführte Frischgasmenge einstellt. Abhängig von der eingesetzten Einrichtung zur Abgasnachbehandlung (Katalysator 22) kann der Dieselmotor dabei entweder mit unterstöchiometrischer Verbrennung oder überstöchiometrischer, d.h. fetter Verbrennung mit Kraftstoffüberschuß ( $\lambda > 1$ ) betrieben werden, wie es beispielsweise zur Desorption von NOx-Steuerkatalysatoren erforderlich ist. Stellt die Steuereinheit 14 das Vorliegen eines als Umschaltkriterium vorgegebenen Wertes einer Betriebsmeßgröße 15 des Dieselmotors fest, so wird auf eine Sonderbetriebsart zur Regeneration des Katalysators umgeschaltet und ein für diese Betriebsart vorgegebenes Kraftstoff/Luft-Verhältnis eingestellt. Zur Feststellung des Umschaltkriteriums kann beispielsweise der Steuereinheit der Sättigungsgrad des Katalysators 22 als Meßsignal 15 eingegeben werden.

Wie in Fig. 2 schematisch dargestellt ist, verfügt die Steuereinheit 14 über Kennfelder, aus denen sie in Abhängigkeit laufend ermittelter Betriebsparameter geeignete Stellgrößen für die von ihr kontrollierten Stellglieder zur Einstellung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses ausliest. Dabei ist der Steuereinheit ein Kennfeldpfad 17 zur Einstellung einer mageren Verbrennung und entsprechenden Kennfeldern für alle Stellglieder zugeordnet. Ein Kennfeldpfad

18 zur Einstellung einer fetten, überstöchiometrischen Verbrennung enthält Kennfelder für jedes anzusteuernde Stellglied mit entsprechenden Stelldaten. Abhängig von dem Meßwert des Umschaltkriteriums 15 (Sättigungsgrad des Katalysators) wird einer der Kennfeldpfade 17, 18 zum Auslesen geöffnet, was schematisch durch Einstellung eines Schalters 16 dargestellt ist. Bei einem Normalbetrieb mit magerer Verbrennung, bei dem der Kennfeldpfad 17 mit seinen einzelnen Kennfeldern aktiviert ist, wird erfindungsgemäß bei Vorliegen des Umschaltkriteriums in den Sonderbetriebszustand umgeschaltet und entsprechend auf die Betriebsart mit fetter Verbrennung gewechselt.

Jeder Kennfeldpfad enthält dabei ein Kennfeld mit Einspritzparametern für die Injektoren 25 und für jedes weitere Stellglied, welches von der Steuereinheit 14 zur Einstellung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses herangezogen wird. Zweckmäßig wird dabei das Abgasrückführungsventil 2 über einen Stellantrieb 3 von der Steuereinheit 14 eingesetzt. Die Abgasatmosphäre zur effektiven Desorption des Katalysators 22 wird in der Sonderbetriebsart erfindungsgemäß durch eine Nacheinspritzung im Anschluß an die Haupteinspritzung und gegebenenfalls die Voreinspritzungen geschaffen, wobei der nachträglich eingespritzte Kraftstoff an der bereits erfolgenden Verbrennung teilnimmt. Die Einregelung der gewünschten Abgaszusammensetzung wird zusätzlich durch die geeignete Einstellung des Abgasrückführungsventils beeinflußt. Des weiteren nimmt die Steuereinheit 14 durch Ansteuerung einer Drosseleinrichtung in der Ansaugluftleitung 20 und eine Aufladeeinrichtung im Abgastrakt auf die Einstellung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses  $\lambda$  Einfluß.

Als Drosseleinrichtung kann eine Drosselklappe 8 in der Ansaugluftleitung vorgesehen sein, die über ein entsprechendes Stellglied 9 mittels eines Stellantriebes 10 von der Steuereinheit 14 in die aus einem entsprechenden Kennfeld (Fig. 2) ausgelesene Position gebracht wird. Alternativ zu der Drosselklappe 8 in der Ansaugluftleitung 20 kann in jedem Einlaßstutzen 24 der Zylinder 23 ein Drosselorgan 11 angeordnet sein. Die Steuereinheit 14 stellt alle Drosseleinrichtungen 11 in den Einlaßstutzen 24 über ein gemeinsames Stellglied 12 und einen auf das Stellglied 12 wirkenden Stellantrieb 13 ein. Als weiteres Stellglied mit Wirkung auf das Kraftstoff/Luft-Verhältnis beaufschlagt die Steuereinheit 14 eine Aufladeeinrichtung im Abgastrakt, die im vorliegenden Ausführungsbeispiel ein Abgasturbolator 5 ist, der aus einer vom Abgas beaufschlagten Turbine 27 und einem auf die Frischluft wirkenden Verdichter 28 besteht. Das Stellglied 6 des Abgasturbolators, das über dem Stellantrieb 7 von der Steuereinheit bedarfsweise einstellbar ist, kann beispielsweise eine variabel einstellbare Turbinengeometrie sein.

Der Dieselmotor wird mit dem erfindungsgemäßen Verfahren im Sonderbetriebszustand mit einer mitbrennenden Nacheinspritzung betrieben, die sich an eine beliebige Anzahl an Voreinspritzungen und ein bis zwei Haupteinspritzungen anschließt. Des weiteren kann eine weitere zeitlich abgesetzte Nacheinspritzung in den Brennraum eingebracht werden, wobei der hier eingespritzte Kraftstoff nicht mehr an der Verbrennung teilnimmt und zur Schaffung einer Abgasatmosphäre beiträgt, die über eine längere Betriebszeit effizienter von dem Katalysator reinigbar ist. Die er-

-11-

findungsgemäße Nacheinspritzung wird bezüglich Einspritzzeitpunkt und -dauer so ausgelegt, daß je nach Bedarf überstöchiometrische oder unterstöchiometrische Luftverhältnisse geschaffen werden. Der maximale Druckanstieg im Brennraum und die zeitliche Lage des maximalen Druckanstieges entsprechen bei dem erfindungsgemäßen Verfahren in etwa den Werten im Normalbetrieb mit lediglich Vor- und Haupteinspritzung. Die Regelung der Motorlast erfolgt über die an der Verbrennung teilnehmende Einspritzmenge, also im Sonderbetriebszustand unter Einschluß und maßgeblicher Berücksichtigung der mitbrennenden Nacheinspritzmenge. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können ohne Anhebung der Geräuscentwicklung rasch höhere Abgastemperaturen und -enthalpien erreicht werden und so die Effizienz von Katalysatoren auch insbesondere während der Warmlaufphase gesteigert werden.

Die Anteile der Haupteinspritzmenge und der Nacheinspritzmenge an der gesamten Einspritzmenge bzw. deren Änderungen während der Übergangsphase beim Wechsel der Betriebsart von fetter zu magerer Verbrennung und umgekehrt wird von der Steuereinheit in Abhängigkeit eines oder mehrerer Betriebsparameter 19 (Fig. 2) eingestellt. Als solche Betriebsparameter, mit denen die Kennfelder für die jeweils zu wählende Betriebsart ausgelesen werden, kommen die folgenden physikalisch meßbaren Größen in Frage:

- Motordrehmoment und seine Ableitung
- Motordrehzahl und ihre Ableitung
- Fahrgeschwindigkeit eines vom Dieselmotor angetriebenen Fahrzeuges

-12-

- Fahrstufe/Gang
- Gesamteinspritzmenge
- Luftmasse und ihre Ableitung
- Kühlmitteltemperatur
- Außenlufttemperatur
- Saugrohrtemperatur
- Abgastemperatur
- Atomsphärendruck
- Saugrohrdruck
- Abgasdruck

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Dieselmotors, bei dem ein Luftverhältnis des zu verbrennenden Kraftstoffes und der zugeführten Verbrennungsluft von einer Steuereinheit (14) nach vorgegebenen Werten für den Betriebszustand des Motors (1) durch Ansteuerung hierfür vorgesehener Stellmittel (2, 5, 8, 11, 25) einstellt und dabei die der angeforderten Betriebslast des Dieselmotors (1) entsprechenden Menge zu verbrennenden Kraftstoffes bestimmt, wobei die Steuereinheit (14) bei Feststellung eines als Umschaltkriterium vorgegebenen Wertes einer Betriebsmeßgröße (15) des Dieselmotors auf eine Sonderbetriebsart zur Regeneration einer Einrichtung zur Abgasnachbehandlung umschaltet und das Kraftstoff/Luft-Verhältnis nach Vorgabewerten für diese Betriebsart einstellt, dadurch gekennzeichnet, daß in der Sonderbetriebsart mindestens eine zeitlich von einer Haupteinspritzung abgesetzte Nacheinspritzung von Kraftstoff in einem derart späten Zeitraum während des Zyklus erfolgt, daß der dabei eingespritzte Kraftstoff mit dem bereits vorher zugemessenen und entzündeten Kraftstoff verbrannt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die mitverbrennende Kraft-

stoffmenge der Nacheinspritzung dem Betriebszustand des Dieselmotors (1) entsprechend dosiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (14) den Einspritzzeitpunkt der Nacheinspritzung für den mitverbrennenden Kraftstoff entsprechend dem Betriebszustand des Dieselmotors (1) einstellt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (14) während einer Umschaltphase beim Umschalten in den Sonderbetriebszustand und zurück die Kraftstoffmenge der mitverbrennenden Nacheinspritzung bei gleichzeitiger Reduzierung der Haupteinspritzmenge in entsprechender Menge bei aufeinanderfolgenden Zyklen erhöht bis zum Erreichen der vorgesehenen Nacheinspritzmenge bzw. beim Rückschalten in einen Normalbetriebszustand die Nacheinspritzmenge reduziert bei analoger Erhöhung der Haupteinspritzmenge.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die analoge Änderung der Haupteinspritzmenge und der mitverbrennenden Nacheinspritzmenge während der Umschaltphase unter Berücksichtigung einer Regelgröße geregelt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß als Regelgröße ein indiziertes Moment des Dieselmotors (1) herangezogen wird, welches während der Umschaltphase konstant gehalten wird.



-15-

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß dem Abgas zusätzlicher Kraftstoff zur Schaffung des vorgesehenen Kraftstoff/Luft-Verhältnisses im Abgas zugesetzt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß der zusätzliche Kraftstoff dem Abgas durch eine zusätzliche Nacheinspritzung im Anschluß an die Nacheinspritzung mitverbrennenden Kraftstoffes zugesetzt wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der zusätzliche Kraftstoff dem Abgas in einer Abgasleitung des Dieselmotors (1) zugesetzt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß in der Normalbetriebsart ein über- oder unterstöchiometrisches Kraftstoff/Luft-Verhältnis und in der Sonderbetriebsart ein unter- oder überstöchiometrisches Kraftstoff/Luft-Verhältnis eingestellt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (14) bei der Einstellung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses die dem Frischgas beigemischte Menge rückgeführten Abgases berücksichtigt und ein Abgasrückführungsventil (2) in einer Abgasrückführungsleitung (26) des Dieselmotors (1) als Stellglied der Regelung des Kraftstoff/Luft-Verhältnisses ansteuert.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (14) den Druck der zugeführten Frischluft regelt.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des Frischluftdruckes über Drosselklappen (8, 11) und eine einstellbare Aufladeeinrichtung (5) als Stellglieder erfolgt.
14. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des Frischluftdruckes über das Abgasrückführungsventil (2) und eine einstellbare Aufladeeinrichtung (5) als Stellglieder erfolgt.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (14) den Massendurchsatz der Frischluft regelt.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des Massendurchsatzes über das Abgasrückführungsventil (2) als Stellglied unter Berücksichtigung eines Meßsignals eines Luftmassenmessers erfolgt.
17. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelung des Massendurchsatzes über Drosselorgane (8, 11) als Stellglieder erfolgt.

-17-

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit alle von ihr angesteuerten Stellglieder (2, 6, 9, 12, 25) in Abhängigkeit der erfaßten Regelabweichung im gesamten Betriebsbereich des Dieselmotors (1) nachführt.

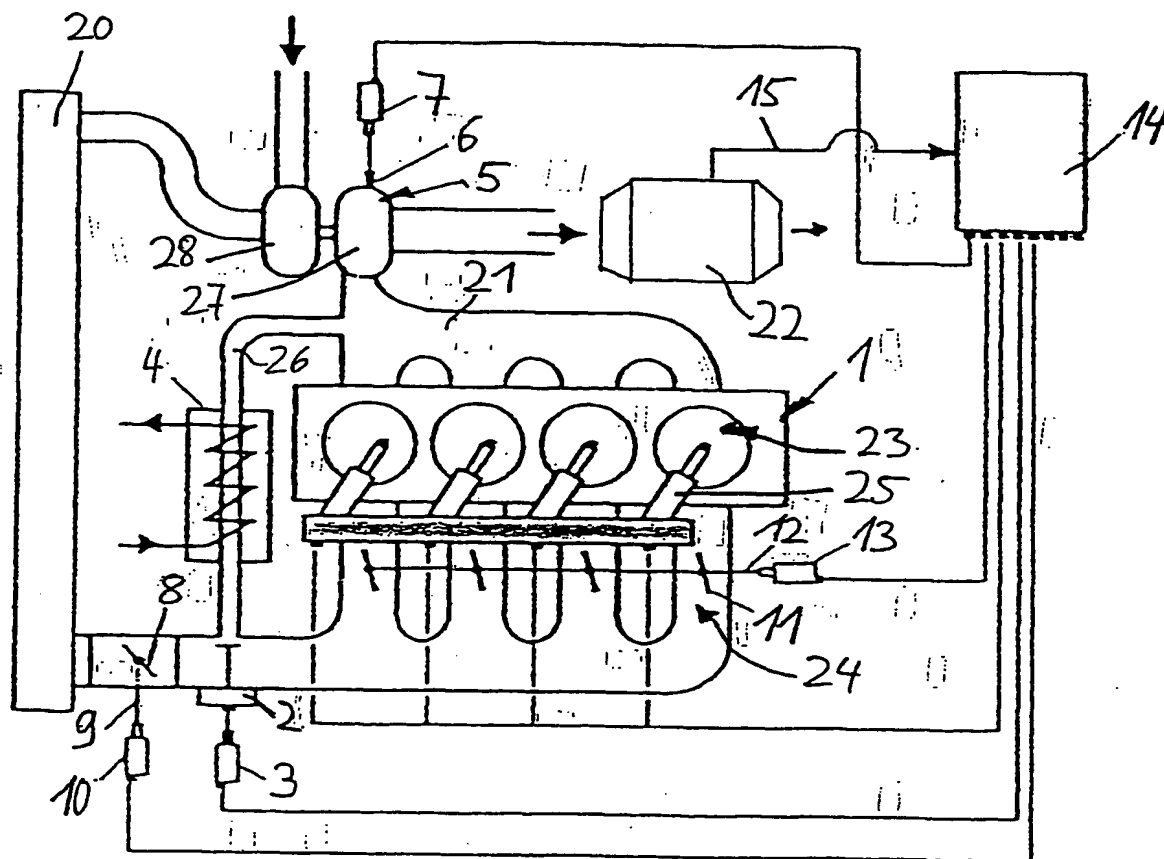


Fig. 1

**BEST AVAILABLE COPY**

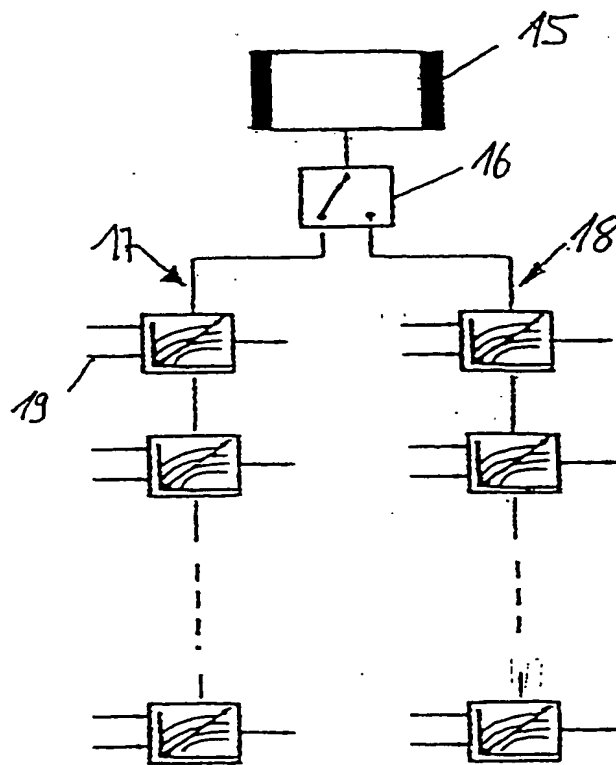


Fig. 2

BEST AVAILABLE COPY

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No

PCT/EP 01/06796

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F02D41/02 F02D41/40

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	EP 0 732 485 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 18 September 1996 (1996-09-18) abstract column 2, line 49 -column 3, line 54 column 17, line 15 - line 29 column 20, line 54 -column 23, line 56 claims figures 5,14,15	1-6, 10-18 7-9
Y	EP 0 831 226 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 25 March 1998 (1998-03-25) abstract column 1, line 45 -column 3, line 12 column 10, line 13 -column 11, line 27 --- -/--	7-9

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

1 November 2001

Date of mailing of the international search report

19/11/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Trotureau, D

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 01/06796

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,X	EP 1 077 319 A (MAZDA MOTOR) 21 February 2001 (2001-02-21)  abstract claims	1-3,7,8, 11,12, 14,18
A	DE 196 22 832 A (CATERPILLAR INC) 12 December 1996 (1996-12-12) the whole document	

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 0732485	A	18-09-1996	JP	3079933 B2	21-08-2000
			JP	8218920 A	27-08-1996
			DE	69602222 D1	02-06-1999
			DE	69602222 T2	16-12-1999
			EP	0732485 A2	18-09-1996
			US	5732554 A	31-03-1998
EP 0831226	A	25-03-1998	JP	10061464 A	03-03-1998
			JP	10061466 A	03-03-1998
			EP	0831226 A2	25-03-1998
			US	5839275 A	24-11-1998
EP 1077319	A	21-02-2001	JP	2001055946 A	27-02-2001
			JP	2001123858 A	08-05-2001
			EP	1077319 A2	21-02-2001
DE 19622832	A	12-12-1996	DE	19622832 A1	12-12-1996
			JP	9025815 A	28-01-1997
			US	6016653 A	25-01-2000



A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 F02D41/02 F02D41/40

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 F02D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 732 485 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 18. September 1996 (1996-09-18)	1-6, 10-18
Y	Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 49 - Spalte 3, Zeile 54 Spalte 17, Zeile 15 - Zeile 29 Spalte 20, Zeile 54 - Spalte 23, Zeile 56 Ansprüche Abbildungen 5,14,15	7-9
Y	EP 0 831 226 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 25. März 1998 (1998-03-25) Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 45 - Spalte 3, Zeile 12 Spalte 10, Zeile 13 - Spalte 11, Zeile 27 --- -/-	7-9

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

1. November 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

19/11/2001

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Trotureau, D

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
P,X	EP 1 077 319 A (MAZDA MOTOR) 21. Februar 2001 (2001-02-21)  Zusammenfassung Ansprüche	1-3,7,8, 11,12, 14,18
A	DE 196 22 832 A (CATERPILLAR INC) 12. Dezember 1996 (1996-12-12) das ganze Dokument	

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0732485	A	18-09-1996	JP 3079933 B2	21-08-2000
			JP 8218920 A	27-08-1996
			DE 69602222 D1	02-06-1999
			DE 69602222 T2	16-12-1999
			EP 0732485 A2	18-09-1996
			US 5732554 A	31-03-1998
EP 0831226	A	25-03-1998	JP 10061464 A	03-03-1998
			JP 10061466 A	03-03-1998
			EP 0831226 A2	25-03-1998
			US 5839275 A	24-11-1998
EP 1077319	A	21-02-2001	JP 2001055946 A	27-02-2001
			JP 2001123858 A	08-05-2001
			EP 1077319 A2	21-02-2001
DE 19622832	A	12-12-1996	DE 19622832 A1	12-12-1996
			JP 9025815 A	28-01-1997
			US 6016653 A	25-01-2000